

Electric system for electric vehicle

Patent Number: ☐ US6066928
Publication date: 2000-05-23
Inventor(s): KINOSHITA SHIGENORI (JP); FUJITA KOETSU (JP); ITO JUNICHI (JP)
Applicant(s): FUJI ELECTRIC CO LTD (JP)
Requested Patent: JP11178114
Application Number: US19980212499 19981215
Priority Number(s): JP19970345014 19971215
IPC Classification: H02P1/00; B60K1/00
EC Classification: B60L7/10, B60L11/00B, B60L11/18M
Equivalents: ☐ DE19857645, JP3219039B2

Abstract

An electric system for an electric vehicle includes a voltage type inverter that receives dc input voltage from a dc input circuit, and generates variable ac voltage of a variable frequency, and an ac motor including a plurality of windings each of which has one end connected to an ac output terminal of the voltage type inverter, the other ends of the windings being connected together to provide a neutral point of motor windings. A variable-voltage energy storage element is connected between the neutral point and a connecting point provided in the dc input circuit, and an on-vehicle dc power supply is connected to the opposite ends of the energy storage element or input terminals of the dc input circuit. The inverter performs switching operations in a zero-voltage vector mode, to operate as a chopper, so that power is transferred between the variable-voltage energy storage element, and the dc input side of the inverter.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

This document was cited in the specification.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-178114

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int. Cl.⁶

B 6 0 L 11/18

識別記号

F I

B 6 0 L 11/18

A

審査請求 有 請求項の数25 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-345014
(22) 出願日 平成9年(1997)12月15日

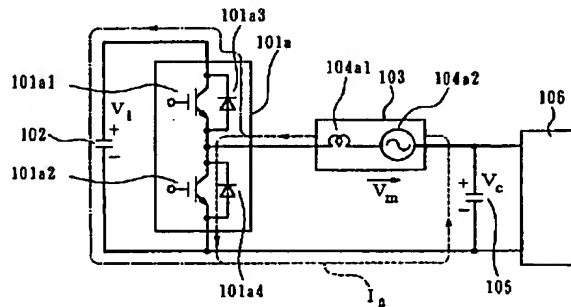
(71) 出願人 000005234
富士電機株式会社
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(72) 発明者 木下 繁則
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内
(72) 発明者 藤田 光悦
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内
(72) 発明者 伊東 淳一
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内
(74) 代理人 弁理士 森田 雄一

(54) 【発明の名称】 電気自動車の電気システム

(57) 【要約】

【課題】 チョッパを省略してシステム機器の小形軽量化、低価格化を図り、インバータ入力電圧を可変としてシステム効率の向上を可能にする。

【解決手段】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータ101の交流出力側に交流電動機103の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線他端を一括接続して中性点を構成する。この中性点と、インバータ101の直流入力端子の一端との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子105を接続し、その両端に車載直流電源106を接続する。また、インバータ101の零電圧ベクトルモードのスイッチング動作によりインバータ101をチョッパ動作させ、電圧可変エネルギー貯蔵素子105とインバータ101の直流入力側との間でインバータ101を介して電力を授受させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成し、この中性点と、インバータの直流入力端子の一端との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、この電圧可変エネルギー貯蔵素子の両端に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項2】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成し、この中性点と、インバータの直流入力電圧の中間点との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、この電圧可変エネルギー貯蔵素子の両端に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項3】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成すると共に、ダイオードが各々逆並列接続された2個の半導体スイッチ素子の直列回路からなる半導体スイッチアームをインバータの直流入力側に接続し、前記中性点と前記半導体スイッチアームの中間点との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、この電圧可変エネルギー貯蔵素子の両端に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項4】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成し、この中性点と、インバータの直流入力端子の一端との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、前記直流入力端子に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項5】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成し、この中性点と、インバータの直流入力電圧の中間点との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、インバータの直流入力端子に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項6】 直流電圧が入力されて可変周波数の可変交流電圧を出力する電圧形インバータの交流出力側に交流電動機の巻線の一端を接続し、交流電動機の巻線の他端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成すると共に、ダイオードが各々逆並列接続された2個の半導体スイッチ素子の直列回路からなる半導体スイッチアームを

前記インバータの直流入力側に接続し、前記中性点と前記半導体スイッチアームの中間点との間に電圧可変エネルギー貯蔵素子を接続し、前記半導体スイッチアームの両端に車載直流電源を接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項7】 請求項1、2、4、5の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、前記インバータの零電圧ベクトルモードの動作によりインバータをチョップ動作させ、前記電圧可変エネルギー貯蔵素子とインバータの直流入力側との間でインバータを介し電力を授受させることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項8】 請求項3または6記載の電気自動車の電気システムにおいて、前記インバータを零電圧ベクトルモードで動作させながら前記半導体スイッチアームをスイッチングしてチョップ動作させ、前記電圧可変エネルギー貯蔵素子とインバータの直流入力側との間でインバータを介し電力を授受させることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項9】 請求項2または5記載の電気自動車の電気システムにおいて、インバータの直流入力電圧の中間点を、直列接続された複数の入力コンデンサの接続点としたことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項10】 請求項1～9の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、電圧可変エネルギー貯蔵素子が電気二重層コンデンサまたは電気化学コンデンサであることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項11】 請求項1～10の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、電圧可変エネルギー貯蔵素子に並列に高周波電流吸収用のコンデンサを接続したことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項12】 請求項1～11の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、電圧可変エネルギー貯蔵素子の電圧またはインバータの直流入力電圧を一定、または交流電動機の運転状態に応じて可変としたことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項13】 請求項1～12の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、交流電動機は車両駆動用の電動機であることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項14】 請求項1～12の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、交流電動機は車両用補機駆動用の電動機であることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項15】 請求項13記載の電気自動車の電気システムにおいて、車両加速時には電圧可変エネルギー貯蔵素子に充電さ

10

20

30

40

50

れたエネルギーを放出させて電動機の駆動電力として使用し、車両減速時には車両の運動エネルギーを電圧可変形エネルギー貯蔵素子に吸収させて蓄積するようにしたことを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項16】 請求項1～15の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車載直流電源が化学電池であることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項17】 請求項1～15の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車載直流電源がエンジン発電機であることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項18】 請求項1～15の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車載直流電源が燃料電池であることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項19】 請求項1～18の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車両用補機の電力を電圧可変形エネルギー貯蔵素子から得ることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項20】 請求項1～18の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車両用補機の電力をインバータの直流入力電圧から得ることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項21】 請求項1～18の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、車両用補機の電力を車載直流電源から得ることを特徴とする電気自動車の電気システム。

【請求項22】 請求項1, 4, 7～21の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、インバータの入力電圧 V_i 、電圧可変形エネルギー貯蔵素子の電圧 V_c 及び交流電動機の端子電圧（線間） V_s との関係が、次式を満たすことを特徴とする電気自動車の電気システム。

$$V_i \geq V_c + V_s / \sqrt{3}$$

$$V_i - V_s / \sqrt{3} \geq V_c \geq V_s / \sqrt{3}$$

【請求項23】 請求項2, 5, 7～21の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、インバータの入力電圧 V_i 、電圧可変形エネルギー貯蔵素子の電圧 V_c 及び交流電動機の端子電圧（線間） V_s との関係が、次式を満たすことを特徴とする電気自動車の電気システム。

$$V_i / 2 - V_s / \sqrt{3} \geq V_c \geq V_s / \sqrt{3} - V_i / 2$$

$$V_i \geq 2(V_c + V_s / \sqrt{3})$$

【請求項24】 請求項3, 6, 7～21の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、インバータの入力電圧 V_i 、電圧可変形エネルギー貯蔵素子の電圧 V_c 及び交流電動機の端子電圧（線間） V_s との関係が、次式を満たすことを特徴とする電気自動車の電気システム。

$$V_i \geq V_c + V_s / \sqrt{3}$$

$$0 \leq V_c \leq V_i - V_s / \sqrt{3}$$

【請求項25】 請求項3, 6, 7～21の何れか1項に記載の電気自動車の電気システムにおいて、インバータの入力電圧 V_i 、電圧可変形エネルギー貯蔵素子の電圧 V_c 及び交流電動機の端子電圧（線間） V_s との関係が、次式を満たすことを特徴とする電気自動車の電気システム。

$$V_i \geq V_c + V_s / \sqrt{3}$$

$$0 \leq V_c \leq V_i / 3$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電圧形インバータにより車両駆動用電動機を駆動する電気自動車の電気システムに関する。

【0002】

【従来技術】図16は、電池を電源とする公知の電気自動車の電気システムを示している。1は直流電源としての主電池であり、高エネルギー形電池として主に化学電池が用いられる。2は車両駆動用交流電動機、3は電動機駆動用の可変電圧、可変周波数の電圧形インバータ、4は減速機、5はデフギア、6は車輪をそれぞれ示す。また、7は補機電動機であり、エアコン、パワステアリング、各種ポンプ等の補機をを駆動する電動機であるが、代表して1台だけ示してある。8は補機電動機7を駆動するインバータである。

【0003】一方、9は高出力形電池としてのコンデンサであり、主に物理コンデンサである電気二重層コンデンサが用いられる。10はコンデンサ9と主電池1との間に挿入されるチョッパである。一般に、高出力形電池は車両の加速時に電力を放出し、減速時に車両の制動エネルギーを吸収する。このため、加速時には、コンデンサ9の電圧は電力の放出によって低下し、逆に制動時は電力を吸収して上昇する。チョッパ10は、電圧が大きく変化するコンデンサ9と、電圧がほぼ一定である主電池1との間で電力を授受するために挿入されている。

【0004】図17はシリーズ形ハイブリッド電気自動車の電気システムを示したもので、図16と同じ構成要素は同じ番号で示してある。図17において、11はエンジン、12は発電機、13はコンバータである。14は電池であり、発電機12の発生電力と電動機2の消費電力との差を吸収するために挿入される。このシリーズ形では、エンジン11、発電機12、コンバータ13によって車両走行用電力を発生し、この電力でインバータ3を介し電動機2を駆動している。シリーズ形のシステムは種々あるが、図示の例では、余剰電力吸収用の電池として化学電池14を使用した場合を示してある。この電池14は高出力形でないで、図16の場合と同じく、高出力形電池であるコンデンサ9がチョッパ10を介して並列に接続されている。

【0005】一般に、発電機の出力は、加減速時に必要とする最大電力ではなく、定速走行時に必要とする電力により決定されており、この電力は最大電力より小さい。このため、高出力を必要とする車両の加減速時には、コンデンサ9とチョッパ10を介して電力の授受を行う。化学電池14は、発電機12の発生電力と電動機2及び図示されていない補機の消費電力の差の電力を吸収する。エンジン11を止めて、化学電池14のみで走行する場合、化学電池14はある程度のエネルギーを持った電池にする必要がある。

【0006】図18はパラレル形ハイブリッド電気自動車の電気システムを示したもので、図16、図17と同じ構成要素は同じ番号で示してある。15はパラレル用エンジン、16は発電動機、17は変速機、18は化学電池、19はコンバータ（インバータ）、20は高出力形電池としての電気二重層コンデンサ、21はチョッパをそれぞれ示す。パラレル形では、エンジン15の動力のみで変速機17を介して走行する場合と、化学電池18の電力でコンバータ（インバータ）19、発電動機16を介して走行する場合と、エンジン15と電池18との両方の動力で走行する場合とがあり、用途に応じて各システムを使い分けている。パラレル形でも、車両制動時の回生電力吸収用として、高出力形電池が必要であり、電池18に対しチョッパ21を介して電気二重層コンデンサ20を並列に接続している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前述の公知例で示したように、電気自動車の電源には、高エネルギー形と高出力形の両性能を有する電池が必要である。高エネルギー形電池は一充電当たりの走行距離性能を決め、高出力形電池は加速性能や回生制動性能を決める。車両の制動毎に制動エネルギーを電池に十分に回生できれば、電気自動車の省エネルギー効果は非常に大きい。電気自動車も、現在のエンジン自動車と運転操作は同じで、制動作動回数は数万回以上に達する。電気自動車の省エネルギー化を一層進めるためには、この数万回以上に及ぶ回数の加減速動作に耐えることが必須となる。すなわち、電池としては数万回以上に及ぶ大出力の充放電動作に耐えることが望まれる。しかし、現在の電池は化学電池が主体であるため、数万回以上に及ぶ大出力の充放電動作は困難で高々数千回程度が限度である。このため、現在の電気自動車では、適当な期間毎に化学電池を交換するか、あるいは電気二重層コンデンサ等の高出力形電池を併用することが必須となっている。

【0008】図19は、電気自動車の運転モード（加速運転、定速走行運転、減速運転モード）に応じて、

(a) 車両速度 V 、(b) インバータ入力 P_i 、(c) 電気二重層コンデンサ電圧 V_c とインバータ入力電圧 V_i 、(d) 直流電源（化学電池）の出力 P_o をそれぞれ示している。また、図20は図16～図18で使用され

ているチョッパの一例について示したもので、図16のチョッパ10を例示してある。10b、10cはスイッチ部であり、トランジスタ10b1、10c1とダイオード10b2、10c2がそれぞれ逆並列接続されている。10aは電流平滑リアクトル、10dは電圧平滑コンデンサである。

【0009】電気自動車と言えども、従来のエンジン車とはほぼ同様の使用目的を有することから、一充電走行距離が長いこと、加減速性能が良いこと、燃費が良いこと、機器が小形・軽量であること、更には価格が安いことが求められる。この点、電気二重層コンデンサ等の高出力形電池の併用やハイブリッド化によって走行性能、燃費は大幅に改善されている。しかし、ここで大きな問題となるのは、高出力形電池部、特に図20に示したようなチョッパ部である。このチョッパ部は高出力形で電動機駆動用インバータとほぼ同じ容量のものが必要となるので、その小形軽量化、価格低減が大きな課題となっている。

【0010】そこで本発明は、高出力形電池部のうち特にチョッパ部の構成を改良し、システム機器の小形軽量化、低価格化、システム効率の向上を可能にした電気自動車の電気システムを提供しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】多相インバータの動作モードに、零電圧ベクトル出力がある。この出力モードは、図21に示すインバータ3のP側スイッチアーム31a、31b、31cまたはN側スイッチアーム32a、32b、32cを同時にオンするモードである。すなわち、多相電動機の全端子電圧（線間）が同時に零となるモードである。このインバータの零電圧ベクトルモードのスイッチング動作を利用し、更に多相交流電動機の中性点とインバータの直流入力側の一端との間に直流電源を接続し、インバータの零電圧ベクトルモードのスイッチング動作期間に直流電源とインバータの直流入力側との間で零相電力を授受する方法が、既に提案されている。

【0012】図22はこの基本システムを示す図であり、1aは第1の直流電源、2aは三相電動機、3aは電圧形インバータ、31aはインバータの入力コンデンサである。電動機2aの各相の巻線2a1の一端をインバータ3aに接続し、他端は全巻線を一括接続して中性点2a2を作る。この中性点2a2とインバータ3aの直流入力側の一端（図ではN極側）との間に、第2の直流電源1bを接続する。このような構成において、インバータ3aにより零電圧ベクトルを出力させると、直流電源1bの電圧は電動機2aの各入力端子から見ると零相電圧となる。この回路の正相分等価回路は、従来と同じ三相インバータによる電動機2aの駆動回路であるが、零相分等価回路を考えると、インバータ3aの3アームはあたかも零電圧ベクトルの比でスイッチング動作

する1つのアームとみなされ、2象限チョッパとして作用するので、インバータ3aにより零相電圧を制御することで、2象限チョッパの動作を実現することができる。つまり、図22の回路によれば、インバータ3aによる零電圧ベクトルモードの動作により、直流電源1bとコンデンサ31aとの間で直流電力を授受することになる。なお、チョッパ用リアクトルは巻線2a1のリアクトルを利用する。このシステムによれば、インバータ3aの直流入力電圧を可変にできることから、インバータ駆動システムの性能改善、システムの小型軽量化、低価格化が可能になる。

【0013】本発明は、上記原理に基づくものであり、電動機の巻線の一端を一括接続して電動機巻線の中性点を構成し、この中性点とインバータの直流入力端子間に電気二重層コンデンサや電気化学コンデンサ等の電圧可変形エネルギー貯蔵素子を接続する。また、車載直流電源を電圧可変形エネルギー貯蔵素子の両端またはインバータの入力コンデンサの両端に接続する。そして、インバータを零電圧ベクトルモードで動作させ、かつ、電動機巻線をリアクトルとして使用することで、インバータの半導体スイッチをチョッパスイッチとして使用し、入力コンデンサとインバータとの間で等価的なチョッパを構成するものである。これにより、従来の高出力形電池部において必要とされたチョッパ部を不要にし、システムの小型軽量化、低価格化を図っている。なお、電気自動車の動力は、化学電池やエンジン発電機、燃料電池等の車載直流電源からインバータを介して電動機を駆動することにより発生させ、補機電動機の電力は電圧可変形エネルギー貯蔵素子やインバータの入力コンデンサから供給する。

【0014】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態を図に沿って説明する。図1は、請求項1に記載した発明の実施形態を説明する図である。図において、101は三相電圧形インバータであり、図16のインバータ3に対応している。102はインバータの入力コンデンサ、103は三相の車両駆動用交流電動機である。104は電動機103の巻線であり、各相巻線の一端はインバータ101に接続され、他端は一括接続して中性点103aを構成する。105は電圧可変形エネルギー貯蔵素子であり、その一端は電動機巻線の中性点103aに接続され、他端はインバータ入力端子のN極側に接続されている。106は車載直流電源であり、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の両端に接続されている。図1の例では、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の一端をインバータ入力端子のN極側に接続してあるが、P極側に接続することも可能である。

【0015】車載直流電源106には、請求項16～18に記載するように、化学電池、燃料電池、エンジン発電機（エンジンと発電機と整流器とにより構成された直

流電源）等が用いられる。特に、車載直流電源106としては可変電圧源であることが望ましい。また、電圧可変形エネルギー貯蔵素子には、請求項10に記載するように電気二重コンデンサや電気化学コンデンサを使用する。

【0016】次に、この実施形態の動作を図2を用いて説明する。図2は1相（a相）分につき等価的に示したもので、他相についても同じである。図2において、図1と同じ構成要素は同じ番号で示してある。なお、インバータ101はトランジスタインバータで示してある。図2において、104a1は電動機103のa相巻線、104a2は巻線104aの逆起電力を等価的に示したもので、その大きさを V_a で示してある。101aはインバータ101のa相のスイッチアームである。101a1、101a2はトランジスタ、101a3、101a4はダイオードであり、これらのダイオード101a3、101a4はトランジスタ101a1、101a2にそれぞれ逆並列接続されている。電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の電圧は V_c で示してあり、その極性は図示のとおりである。インバータ101の入力電圧は V_i で示してあり、その極性は図示のとおりである。

【0017】電動機103を駆動している時の動作を、図2により説明する。 $V_c < V_a$ 、 $V_i > V_c$ の状態ではトランジスタ101a2をオンすると、図の破線方向にリアクトル電流（巻線104a1の電流） I_1 が流れ、この電流は次第に増加して行く。トランジスタ101a2をオフすると、リアクトル電流 I_1 は一点鎖線で示すようにダイオード101a3を通過してコンデンサ102を充電し、次第に減少する。すなわち、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105に蓄積されていたエネルギーは、インバータ入力回路のコンデンサ102に転送される。この入力コンデンサ102に転送されたエネルギーは、インバータ101の通常のインバータ動作によって電動機103を駆動する。図2では、トランジスタ101a1、101a2、リアクトル（巻線104a1）は昇圧チョッパとして動作する。

【0018】ここで、電動機駆動時（電気自動車では加速時に相当）に、車載直流電源106からの供給電力がインバータ101の所要電力より小さいと、上述した動作により電圧可変形エネルギー貯蔵素子105から電力が放出されてインバータ101に注入される。すなわち、インバータ入力電圧が規定値になるようチョッパ制御を行って、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105からインバータ101の直流入力側に電力を移す。このような制御により、加速時に必要な大きな電力を電圧可変形エネルギー貯蔵素子105からインバータ101に供給することができるので、車載直流電源106からは加速電力よりも小さい車両走行時の平均的な電力を供給すれば良い。

【0019】次に、電動機103が減速している時の動

作を図3により説明する。図3は図2に対応したものであり、図2と同じ構成要素は同じ番号で示してある。 $V_i > (V_c + V_s)$ の状態ではトランジスタ101a1をオンすると、同図の破線のようにリアクトル電流 I_L が流れ、かつ増加する。トランジスタ101a1をオフすると、リアクトル電流 I_L は同図の一点鎖線で示すようにダイオード101a4を通して流れる。 $V_i < V_s$ であるから、リアクトル電流 I_L は次第に減少して行く。図3では、トランジスタ101a1、101a2、リアクトル(巻線104a1)は降圧チョッパとして動作する。すなわち、入力コンデンサ102の電力が電圧可変エネルギー貯蔵素子105に転送され、電圧可変エネルギー貯蔵素子105を充電する。電気自動車の制動時には、制動電力は入力コンデンサ102に蓄えられるが、この回生電力は上述した降圧チョッパ動作によって電圧可変エネルギー貯蔵素子105に転送される。加速時と同じように、回生電力の大部分を電圧可変エネルギー貯蔵素子105に充電するように制御すると、車載直流電源106への回生電力は小さくすることができる。すなわち、電気自動車の回生電力の殆どを電圧可変エネルギー貯蔵素子105に充電することによって、車載直流電源106への回生電力はほぼ零かあるいは非常に小さくすることができる。この動作は、請求項15に記載した発明の実施形態に相当する。

【0020】上述したインバータ101の昇圧チョッパ動作、降圧チョッパ動作は、請求項7に記載するように、インバータ101に零電圧ベクトルモードの動作を行わせることによって可能であり、この零電圧ベクトル出力時には、インバータ101の各相のスイッチアームを、等価的に図2、図3に示すような単一のスイッチアームと見なすことができる。このスイッチアーム及びリアクトルからなるチョッパの昇圧、降圧動作により、電動機103の駆動時、制動時に電圧可変エネルギー貯蔵素子105と入力コンデンサ102との間で電力の授受を行うものであるから、車載直流電源106にとっては充放電の責務が大幅に軽減されることになる。

【0021】図4は図19と同様に、図2、図3の動作について、電気自動車の運転モード(加速運転、定速走行運転、減速運転モード)に対応する(a)車両速度 V 、(b)インバータの入力 P_i 、(c)電圧可変エネルギー貯蔵素子105の電圧 V_c とインバータ入力電圧 V_i 、(d)車載直流電源106の出力 P_o を示している。この図は、請求項12に対応した実施形態を説明する図である。図4を見ると、図19と酷似していることがわかる。すなわち、図1の構成でインバータ101をチョッパ動作させることにより、図19と同じ機能を持たせることができる。図4では、電圧可変エネルギー貯蔵素子105の電圧は可変となっているが、請求項12に示すように、一定でも動作可能である。また、図4の例ではインバータ入力電圧を一定としているが、請求

項12に示すように可変にしても良い。

【0022】次に、図5は請求項2、請求項9に記載した発明の実施形態を示しており、図1と同じ構成要素には同じ番号を付してある。請求項1の発明と異なるのは、インバータ101の入力コンデンサ102を102a、102bに二分し、この中間点(インバータ直流入力電圧の中間点)に電圧可変エネルギー貯蔵素子105の一端を接続した点にある。図6は、この実施形態におけるチョッパの動作を図2、図3に対応させて示したものである。この実施形態では、二分割した入力コンデンサ102a、102bの中間点に電圧可変エネルギー貯蔵素子105の一端を接続しているので、図2、図3の説明で V_i を $V_i/2$ に読み替えれば、図6の動作は図2、図3の動作と同じとなる。このため、詳細な説明は省略する。

【0023】図7は、請求項3に記載した発明の実施形態を示す図である。なお、図1、図5と同じ構成要素には同じ番号を付してある。図7において、107は半導体スイッチアームであり、直列接続された2個のトランジスタ107b、107cと、これらに逆並列接続されたダイオード107d、107eとを有する。そして、トランジスタ107b、107cの中間点107aと電圧可変エネルギー貯蔵素子105の一端とが接続されている。

【0024】図7の動作を、図8を参照して説明する。この図8も、図2と同じく1相(a相)分について示している。 $V_s < V_c$ 、 $V_i < (V_c + V_s)$ の条件でトランジスタ107bをオンすると、図の破線方向にリアクトル電流 I_L が流れ、このリアクトル電流 I_L は増加して行く。トランジスタ107bをオフすると、リアクトル電流 I_L は図の一点鎖線のルートに転流する。 $V_i < (V_c + V_s)$ であるため、リアクトル電流 I_L は減少して行く。この実施形態では、スイッチアーム107と電動機103のa相巻線104a1とによってチョッパが構成されており、請求項8に記載する如く、インバータ101を零電圧ベクトルモードで動作させている間にスイッチアーム107をスイッチングすることによって、電圧可変エネルギー貯蔵素子105と入力コンデンサ102との間でエネルギーの授受が行われる。電圧可変エネルギー貯蔵素子105、インバータ101、車載直流電源106間の電力のやりとりも図2、図3と同じであるので、説明は省略する。なお、図8と図1では、チョッパ動作可能な電圧条件が異なっている。

【0025】次に、図9は請求項4に記載した発明の実施形態を示すものである。この実施形態は、図1の実施形態において電圧可変エネルギー貯蔵素子105の両端に接続されていた車載直流電源106を、インバータ101の直流入力側に接続したもので、インバータ101のチョッパ動作は図2、図3の場合と同じである。インバータ101への平均的な電力は車載直流電源106

から供給される。電圧可変形エネルギー貯蔵素子105と入力コンデンサ102との間の電力の授受は図1の実施形態と同じであるので、説明を省略する。電圧可変形エネルギー貯蔵素子105へのエネルギーの注入・放出を零にするには、インバータ101のチョッパ動作を停止すればよい。すなわち、インバータ101による零電圧ベクトルの出力を停止させればよい。チョッパ動作を停止すると、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の電流 I_c が零になり、入力コンデンサ102との間でエネルギーの授受がなくなる。インバータ101の所要入力に対して、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105からの放出力が下回った時には、その不足分が車載直流電源106から供給されることになる。

【0026】図10は、請求項5に記載した発明の実施形態を示すもので、図5の電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の両端に接続されていた車載直流電源106をインバータ101の直流入力側に接続したものである。インバータ101のチョッパ動作、車載直流電源106からの電力の供給は、図5の実施形態と同じである。

【0027】図11は、請求項6に記載した発明の実施形態を示すもので、図7の電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の両端に接続されていた車載直流電源106をスイッチアーム107の両端に接続したものである。スイッチアーム107のチョッパ動作、車載直流電源106からの電力の供給等は、図7の実施形態と同じである。

【0028】図12は、請求項11に記載した発明の実施形態を示すもので、前述の各実施形態と同じ構成要素は同じ番号で示してある。一般に、電圧可変形エネルギー貯蔵素子はインバータのスイッチング周波数に対応できる高周波形の性能には不十分である。すなわち、高周波インピーダンスが大きいため、インバータのスイッチング周波数で使用すると、電圧可変形エネルギー貯蔵素子の端子電圧の上昇や損失が増大する。このため、本実施形態では高周波電流吸収用のコンデンサを電圧可変形エネルギー貯蔵素子105に並列に接続することとした。図12において、105aが高周波電流吸収用コンデンサである。

【0029】次に、図13は請求項19に記載した発明の実施形態を示すもので、クーラー等の補機を補機用電動機によって駆動するための車両用補助電源108aを電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の両端に接続したシステムであり、主要部の構成は図1の例で示してある。この実施形態は、図5、図7、図9、図10、図11、図12の実施形態にも適用可能である。

【0030】図14は、請求項20に記載した発明の実施形態を示すもので、車両用補助電源108bをインバータ101の入力コンデンサ102の両端に接続したシステムであり、主要部の構成は図1の例で示してある。この実施形態も、図5、図7、図9、図10、図11、

図12の実施形態に適用可能である。

【0031】図15は、請求項21に記載した発明の実施形態を示すもので、車両用補助電源108cを車載直流電源106に接続したシステムであり、主要部の構成は図1の例で示してある。この実施形態も、図5、図7、図9、図10、図11、図12の実施形態に適用可能である。

【0032】次に、電圧可変形エネルギー貯蔵素子105の電圧 V_c 、インバータ101の入力電圧 V_i 、電動機103の端子電圧（線間、実効値） V_m の関係について説明する。図1の実施形態では、請求項22に示すように、これらを次式のごとく設定し、インバータ101は通常のPWM制御を行う。

$$V_i \geq V_c + V_m / \sqrt{3}$$

$$V_i - V_m / \sqrt{3} \geq V_c \geq V_m / \sqrt{3}$$

また、図5の実施形態では、請求項23に示すように、これらを次式のごとく設定し、インバータ101は通常のPWM制御を行う。

$$V_i / 2 - V_m / \sqrt{3} \geq V_c \geq V_m / \sqrt{3} - V_i / 2$$

$$V_i \geq 2(V_c + V_m / \sqrt{3})$$

更に、図7の実施形態では、請求項24に示すように、次式のごとく設定し、インバータ101は通常のPWM制御を行う。

$$V_i \geq V_c + V_m / \sqrt{3}$$

$$0 \leq V_c \leq V_i - V_m / \sqrt{3}$$

ここで、図7の実施形態においては、請求項25に示すように、次式のごとく設定しても良い。この場合、インバータ101は通常のPAM制御を行う。

$$V_i \geq V_c + V_m / \sqrt{3}$$

$$0 \leq V_c \leq V_i / 3$$

【0033】

【発明の効果】以上述べたように、本発明では、交流電動機の巻線の中性点とインバータの直流入力側との間にキャパシタのような電圧可変形エネルギー貯蔵素子を接続し、電動機の巻線をリアクトルとして使用すると共に、インバータによる零電圧ベクトルモードの動作を利用して、インバータや半導体スイッチアームをチョッパとして動作させている。そして、上記チョッパ動作により、電気自動車の加速時（駆動時）には主として電圧可変形エネルギー貯蔵素子のエネルギーを放出し、また、減速時（制動時）には車体の運動エネルギーを電圧可変形エネルギー貯蔵素子に吸収するようにしたものである。

【0034】このため、

- 1) 従来必要であったチョッパやチョッパ用リアクトルを省略できる、
- 2) インバータの直流入力電圧を可変にすることができ、等の効果があり、更に、次の大きな効果がある。
- 3) システム機器の大幅な小形軽量化、低価格化を図ることができる。

4) インバータを最適な電圧値で動作させることができるので、システム効率が大幅に向上する。
これらにより、電気自動車の普及・発展に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 記載の発明の実施形態を示す図である。

【図 2】図 1 における昇圧チョップの動作を示す図である。

【図 3】図 1 における降圧チョップの動作を示す図である。

【図 4】電気自動車の運転モードに応じた、図 1 の実施形態の動作説明図である。

【図 5】請求項 2、請求項 9 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 6】図 5 におけるチョップの動作を示す図である。

【図 7】請求項 3 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 8】図 7 におけるチョップの動作を示す図である。

【図 9】請求項 4 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 10】請求項 5 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 11】請求項 6 に記載した発明の実施形態を示す図である。

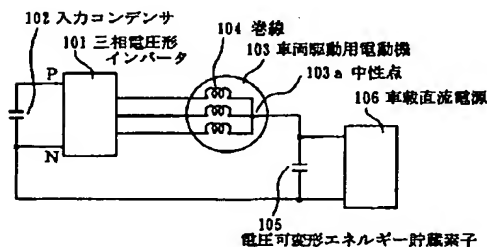
【図 12】請求項 11 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 13】請求項 19 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 14】請求項 20 に記載した発明の実施形態を示す図である。

【図 15】請求項 21 に記載した発明の実施形態を示す*

【図 1】



* 図である。

【図 16】電池を電源とする公知の電気自動車の電気システムを示す図である。

【図 17】シリーズ形ハイブリッド電気自動車の電気システムを示す図である。

【図 18】パラレル形ハイブリッド電気自動車の電気システムを示す図である。

【図 19】電気自動車の運転モードに応じた、図 16～図 18 のシステムの動作説明図である。

【図 20】図 16 におけるチョップの構成図である。

【図 21】三相インバータの主回路構成図である。

【図 22】本発明の原理を示す電動機駆動回路図である。

【符号の説明】

101 三相電圧形インバータ

101a a相スイッチアーム

101a1, 101a2, 107b, 107c トランジスタ

101a3, 101a4, 107d, 107e ダイオード

102, 102a, 102b 入力コンデンサ

103 車両駆動用交流電動機

103a 中性点

104, 104a1 巻線

104a2 逆起電力

105 電圧可変形エネルギー貯蔵素子

105a 高周波電流吸収用コンデンサ

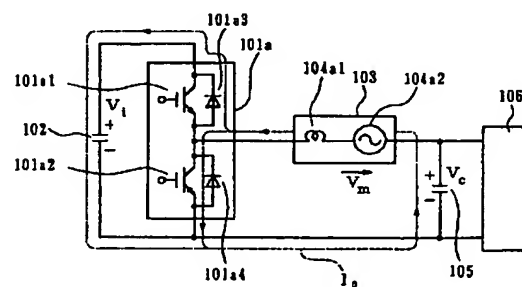
106 車載直流電源

107 半導体スイッチアーム

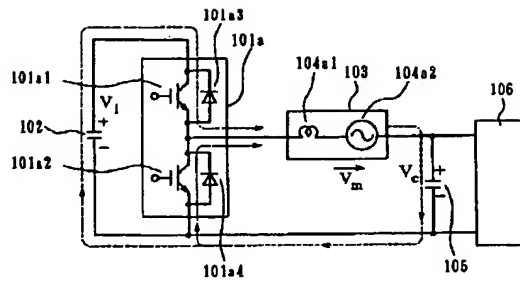
107a 中間点

108a, 108b, 108c 補助電源

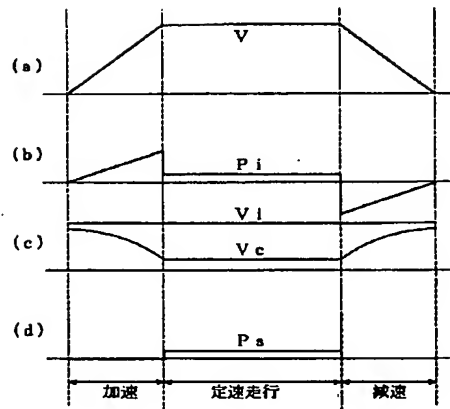
【図 2】



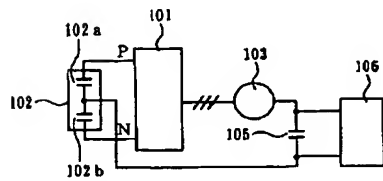
【図3】



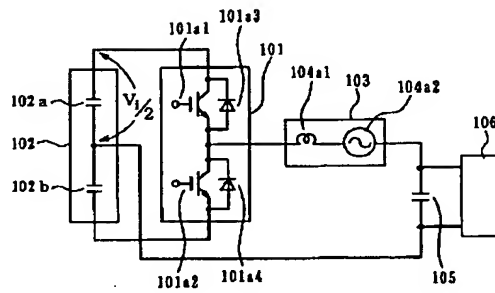
【図4】



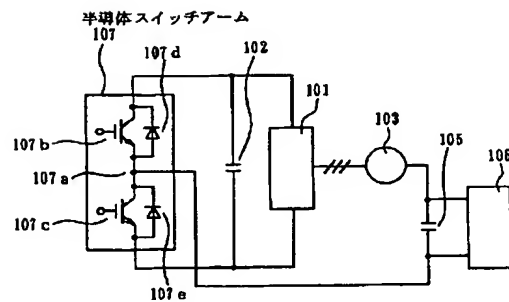
【図5】



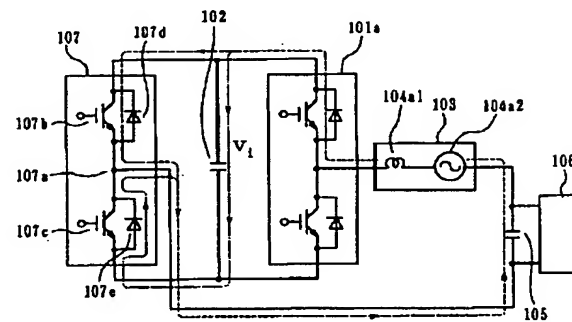
【図6】



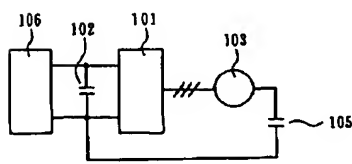
【図7】



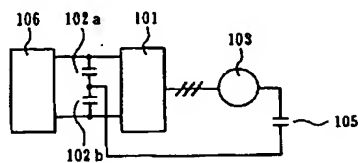
【図8】



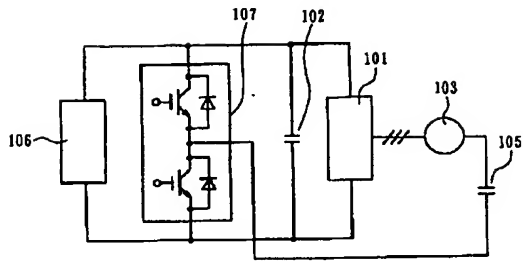
【図9】



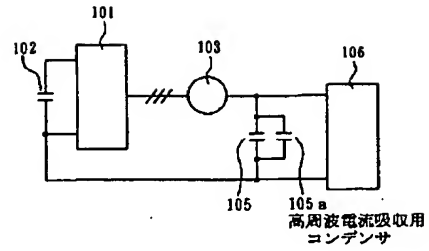
【図10】



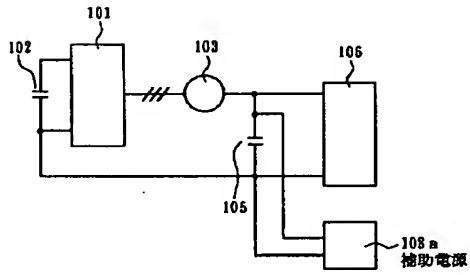
【図11】



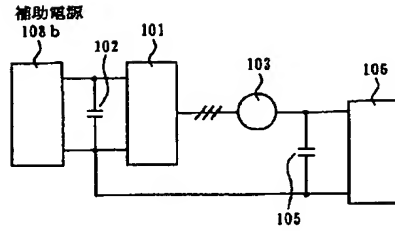
【図12】



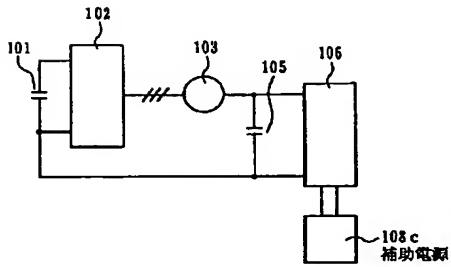
【図13】



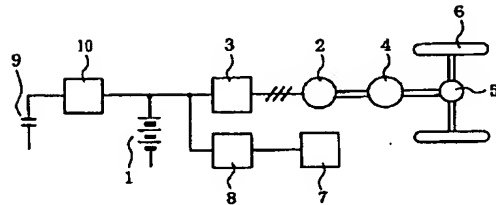
【図14】



【図15】

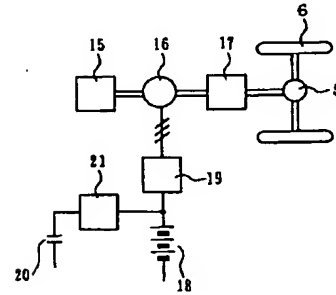
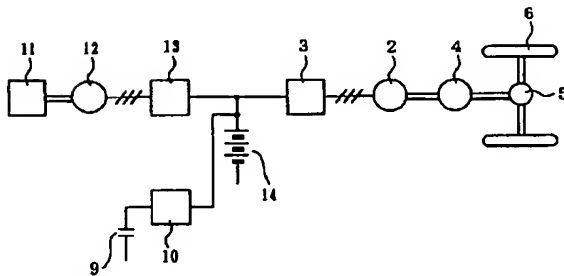


【図16】

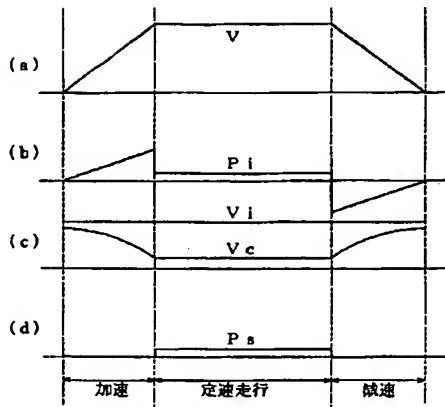


【図18】

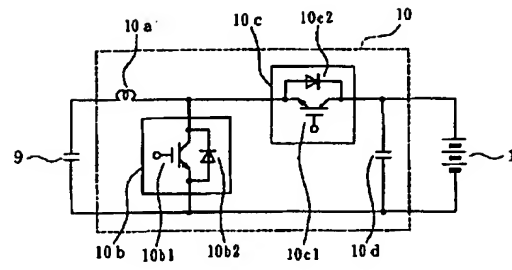
【図17】



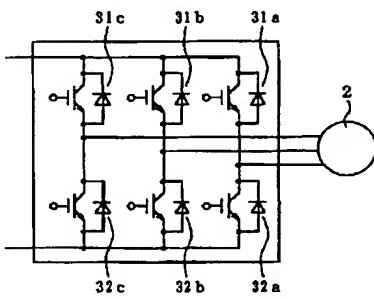
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

